

101503 (45)

# וקסמן גוברין חברה להנדסה בע"מ

תוכנית מספר 11647 - מאזרים  
במתחם משה דיין,

נספח מספר 6 - נספח ניקול

תל אביב,  
ינואר 2009,



משרד הפנים מחוז גוששקים  
 אישור תכנית מס' 195-1  
 הועדה המחוזית החליטה לאשר את התכנית  
 ביום 19.5.09  
 מנהל תכנון  
 מנהל משרד הפנים

ירון גלר הנדסה וניהול משאבי מים

רחוב פרלוק 12 תל אביב, 69367

טלפון: 03-7414873 פקס: 03-7414906

[gellerm@netvision.net.il](mailto:gellerm@netvision.net.il)

## תוכן:

1. כללי ועיקרי דברים.....2
2. טופוגרפיה וטופולוגיה.....4
3. בסיס הנתונים.....8
- 3.1 תכסית הקרקע - מצב קיים.....8
- 3.2 שימושי הקרקע ומקדמי הנגר.....9
- 3.3 הוראות תוכנית תמ"א 34 ב'.....11
- 3.4 עוצמות הגשם לתכנון.....12
4. אגני הניקוז ומוצאי הניקוז.....13
5. עוצמות הנגר לתכנון.....14
7. מערכות הניקוז הקיימות באתר.....20
8. הוראות חלחול ושימור נגר על קרקע.....22
- 8.1 השהיית נגר על קרקעי.....22
- 8.2 חדור לתת הקרקע.....24
9. סיכום והמלצות.....25

## רשימת הטבלאות

- טבלה 1 - זיהוי אגני המשנה ומוצאי הניקוז.....6
- טבלה 2 סיכום תחשיב מקדמי הנגר העל קרקעי, מצב קיים.....8
- טבלה 3 שימושי הקרקע על פי תוכנית הבינוי, ומקדמי הנגר.....9
- טבלה 4 סיכום תחשיב מקדמי הנגר העל קרקעי, על בסיס תשריט הבינוי.....10
- טבלה 5 ריכוז שטחי תת האגנים במתחם התכנון.....13
- טבלה 6 סיכום אגני הניקוז בתחום התוכנית ומוצאי הניקוז.....13
- טבלה 7 חישוב כושר ההולכה ודרגת המילוי לצינור בקוטר 50 ס"מ לספיקת התכן 21

## רשימת התמונות

- איור 1 שייכות מרחב צפון ירושלים לרשויות הניקוז - מפה ארצית.....5
- איור 2 אזור פסגת זאב צפון, וכיוון זרימת הוודיות למזרח: ואדי אל מחפי, ואדי קלט.....7
- איור 4 סיכום הידרורגמת הנגר העל קרקעי למוצאי הניקוז "1,4,5" לעוצמת תכן 65 מ"מ/שעה.....18

## נספחים:

עקום עוצמה משך זמן חזרה לתחנת גשם ירושלים, עבור זמן חזרה 1:50 שנה  
מפת מתחם התכנון 11647, כולל סימון אגני המשנה לניקוז וספיקות המוצאים

## 1. כללי ועיקרי דברים

מנהל מקרקעי ישראל, באמצעות חברת הניהול וקסמן גוברין, יזם כיום את הכנתה של תוכנית לתוספת מגורים בשכונת פסגת זאב בירושלים. התוכנית נערכה ע"י משרד קולקור קולקור אדריכלים והובאה לדיון בוועדה המקומית לירושלים. על פי התוכנית המוצעת יבנו בתחום רצועת הקרקע שבין שדרות משה דיין בשכונת פסגת זאב וכביש מספר 1, לרבות בשוליים של מעטפת זו, כ-1,138 יח"ד, בבנייה רוויה. במסגרת הליכי התכנון נתבקש היזם להשלים נספח ניקוח לתוכנית הבינוי, עם מתן דגש לנושאי חלחול ומיתון נגר על קרקעי ברוח תמ"א 34 ב' 4.

טופוגרפית מתחם הבינוי ברורה ומגמתית למדי. בגבול המערבי של השטח מצוי כביש עירוני מספר 1 שכיוונו הכללי צפון-דרום. כביש זה מצוי על קו פרשת המים: מערבה מהכביש משתפלים פני הקרקע לכיוון מערב אל יובליו של נחל עטרות. מזרחה, משתפלים פני הקרקע לעבר מדרונות מדבר יהודה. ערוצי הנחלים היורדים משכונות גבעת זאב ופסגת זאב למזרח מצטרפים אל ואדי אל חאפי ובהמשך לואדי קלט. זה זורם מזרחה, חוצה את שטחי הרשות הפלשתינאית ושטחי יריחו עד מוצאו לנהר הירדן, מצפון לים המלח. ואדיות החלק המזרחי של קו פרשת המים תלולים בד"כ עם דפנות נטועות צמחיה חלקית, בשיפועים משתנים החל מ-12-15 אחוז ועד מדרונות מצוקים. אופי הזרימה בואדיות אלו שטפוני.

שטח תוכנית הבינוי כולל 141 דונם, מהם כ-29 אלף מ"ר למגורים, 18.5 אלף מ"ר לשטחי פתוחים והיתרה מבני ציבור, כבישים ואחר. בבדיקת תכונות תכסית הקרקע במצב הנוכחי, בטרם פיתוח, חושב שיעור התכסית המשוקלל של תא השטח ל  $C=0.457$  קרי ל 45.7% אחוז משטח הקרקע "תגובה" למי גשם כשל שטח אטום. בניתוח תוכניות הבינוי, ושקלול שימושי הקרקע הצפויים, עולה כי מקדם הנגר הכללי של השטח לאחר תוכנית הפיתוח יהיה  $C=0.625$ , גידול של כ-37% בכלל השטח האטום. יש לציין כי גידול זה אינו אחיד ובה לידי ביטוי בערכים משתנים בתת האגנים השונים.

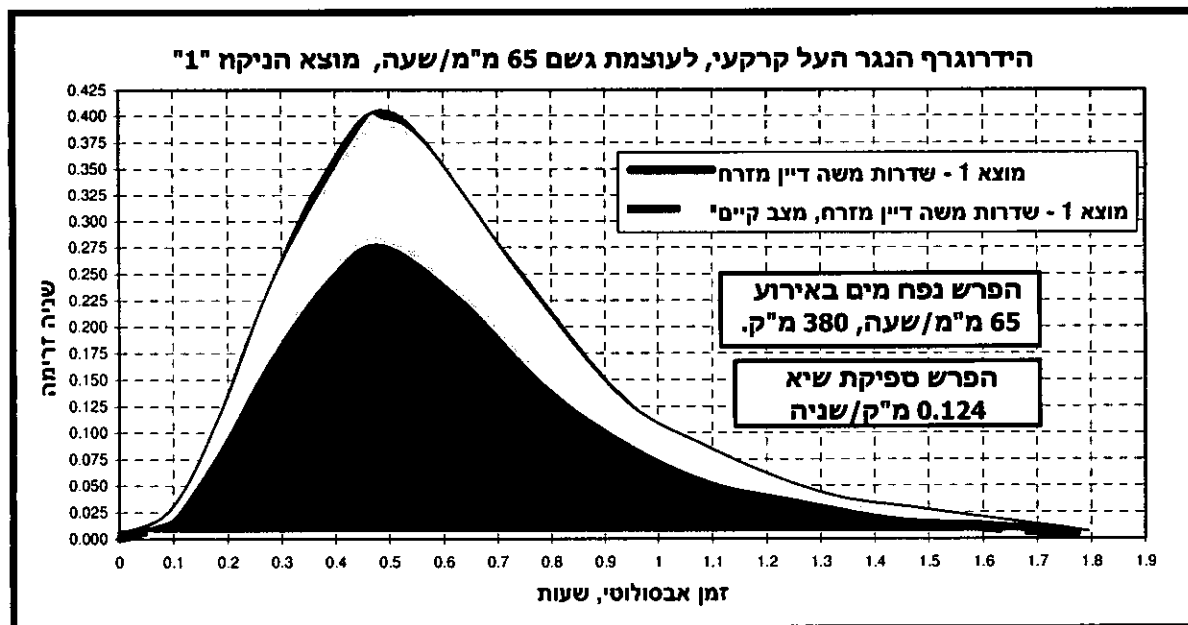
שטח התוכנית חולק ל-5 מוצאי ניקוח, בהתאם לתוכנית הכבישים ומוצאי הניקוח הקיימים. מוצאים אלו כוללים מערכות ניקוח קיימות של עיריית ירושלים, בתחום שדרות משה דיין ושדרות דוכיפת, שני הרחובות הראשיים של השכונה. כמו כן קיים מוצא נוסף בסמוך לקניון הפסגה. נתונים על מערכות ניקוח התקבלו ממחלקת הביוב והניקוח של חברת הגיחון בעיר.

מבין חמשת מוצאי הניקוח, שלושת המוצאים העיקריים של השטח המיועד הם:

- מוצא ניקוח רח' משה דיין "מזרח" - שצ"פ מתוכנן, מול בית 107 ברחוב משה דיין,
  - מוצא ניקוח מושה דיין מרכז - מוצא ניקוח מול רחוב נתיב המזלות.
  - מוצא ניקוח משה דיין צפוני - מוצא ניקוח הנמצא בחלק הצפוני, מול רחוב מזל טלה.
- כמו כן אופיינו שני מוצאי ניקוח נוספים: לרחוב סיירת דוכיפת למובל הניקוח בסמוך לקניון הפסגה. מערכות תיעול של עיריית ירושלים כוללות קווי תיעול בקטרים של 60 ו-80 ס"מ. קווי הניקוח מתנקזים כולם מזרחה אל תוואי ואדי מחפי. בחלק הדרומי קיים מובל ניקוח  $1.2 \times 2.0$  מטר) העוקף את מבנה קניון הפסגה מדרום ונשפך לואדי לכיוון מזרח.

תחנת מדידת הגשם הקרובה, בשדה תעופה עטרות, הייתה פעילה עד שנת 2000. עם הפסקת פעולתה נלקחו נתוני גשם מתחנת המדידה במרכז העיר. זו מחדדת נפחי מים ועוצמות גשם שעתיות. גם אז השונות הרבה שבעובי הממטרים בשנים האחרונות, מהווה בעיה לשימוש ישיר בנתונים. בפגישה עם אנשי מחלקת הניקוז של חברת הגיחון נמסר כי העירייה דורשת כיום קריטריון תכן לזמן חזרה 1:50 שנה. לפיכך תחשיב עובי הנגר בוצע על בסיס סדרה של עוצמות גשם, החל ב 45 מ"מ/שעה, ועד 65 מ"מ/שעה. עוצמת גשם זו מתאימה לזמן החזרה הנדרש בהתאם להנחיות תמ"א 34 ב' 3. ראה עקום גשם בנספח.

לצורך הערכת השינוי בתכסית הקרקע על עוצמות הנגר, נעשה שימוש במודל הידרוגרף היחידה של שניידר, SYNDER UH. הידרוגרף זה חושב לתנאי השטח במצב הלא מופר, ועל פי אופי התכסית כפי שעולה מתוכנית הפיתוח. תרומת הנגר הכללית מהשטח גדלה בכ 48% יחסית למצבו הטבעי של השטח. עבור מוצא ניקוז מספר "1" (שדרות משה דיין, מול בית מספר 107) חושב הידרוגרף הנגר בשני המצבים:



עבור מוצא זה, לדוגמא, חושבה עוצמת נגר של 0.399 מ"ק/שניה לעומת ספיקת רגעית של 0.275 מ"ק/שני במצב טרום הפיתוח. שונות מרקם פני הקרקע בחלקים השונים של השטח חייבה חישוב חזר שכזה עבור כל מוצא ניקוז לכל עוצמת תכן. (סה"כ בוצעו 15 הרצות).

על מנת למתן את תרומות הנגר העל קרקעי, מומלץ במסגרת עבודה זו ליישם עקרונות של מיתון נגר על קרקעי וחלחול לתת הקרקע. למרות זאת, חלחול נראה כמנגנון לא ישים באזור התוכנית: הקרקע סלעית, כוללת סלע גיר צפוף ונטול סדקים. כושר החלחול של המים בקרקע הטבעית נמוך מאוד. גם קידוחי ספיגה/החדרה בבורות, החודרים עד עומקים של שכבות מוליכות נראה כלא ישים. ממילא מנגנוני החלחול דועכים בכושרם עם השנים.

על כן, מוקדש פרק 8 בעבודה זו להמלצות ויישום של **מרכיבי שימור נגר בדמות השהייה ומיתון מקומי** בשצפ"ים ובשולי מוסדות ציבור. מבין המלצות אלו יש לציין: יישום של חומרי בניה פורוזיים במדרכות וחניות, תאי קליטה למי גשם עם שיכור והשהייה, מנגנון איגום מקומי בחצרות הבית (כל עוד לא מדובר בשצפ"פ), ניקוז צמ"ג למכלי איסוף והשהייה ועוד.

## 2. טופוגרפיה וטופולוגיה

שטח משבצת הקרקע הכלול בתוכנית 11647 מצוי כולו במפנה המזרחי של כביש עירוני מספר 1, המוליך מאזור שדרות חיים בר לב צפונה לשדרות אלוף עוזי נרקיס. בבחינת הטופוגרפיה המקומית עולה כי הכביש מצוי בתוואי החופף לקו פרשת המים המקומי. גבהי הקרקע הטיפוסיים בתוכנית הם +720-690 ממטר מעפה". כביש מספר 1 עירוני, המהווה את הכביש הדומיננטי בשטח מצוי ברום קרקע +740+735 מטר מעפה". ממזרח לשכונה הקיימת, מול החלק המרכזי של התוכנית המוצעת, מצויה הנקודה הגבוהה בכביש בסביבות רום קרקע +743 מטר. מנקודה זו משתפלים פני הכביש לצפון ולדרום. מי הנגר העל קרקעי של הכביש מתנקזים בחלקם לקולטני מי גשם ובחלקם לתעלות ניקוז המלוות את הכביש, בעיקר ממערב. החלק שמדרום לקו פרשת המים מתנקז אל צומת הרחובות עוזי נרקיס-סיירת דוכיפת. מי הניקוז נשפכים אל תעלת ניקוז מצופה אבן המצויה במקביל לרחוב סיירת דוכיפת. החלק שמצפון לקו פרשת המים בכביש 1 מתנקז לתעלות הניקוז של הכביש ובאמצעות מוצאי הניקוז אל ערוץ טבעי לכיוון מערב, המצטרף אל נחל עטרות. זה בהמשכו נשפך אל נחל שורק. תעלות הניקוז המזרחיות של הכביש מתחברות למערכות תיעול מקומיות של שכונת פסגת זאב ודרכן נשפכים מי הניקוז למזרח, אל ערוץ ואדי אל מחפי.

ב"פלח" השטח של שבין כביש עירוני מספר 1 ורצועת הדרך של רחוב משה דיין, מצוי שטח פתוח בעיקרו, הכולל את גם את משבצת הקרקע המיועדת לפארק הארכיאולוגי. משבצת זה כוללת כיום קרקע פתוחה, ללא פיתוח בנוסף למספר שבילי שירות מצופי מצע כבש ועפר, שאינם מוסדרים. תכסית אופיינית של פני השטח ניתן לראות בתמונה מספר 1 בנספחים לעבודה זו.

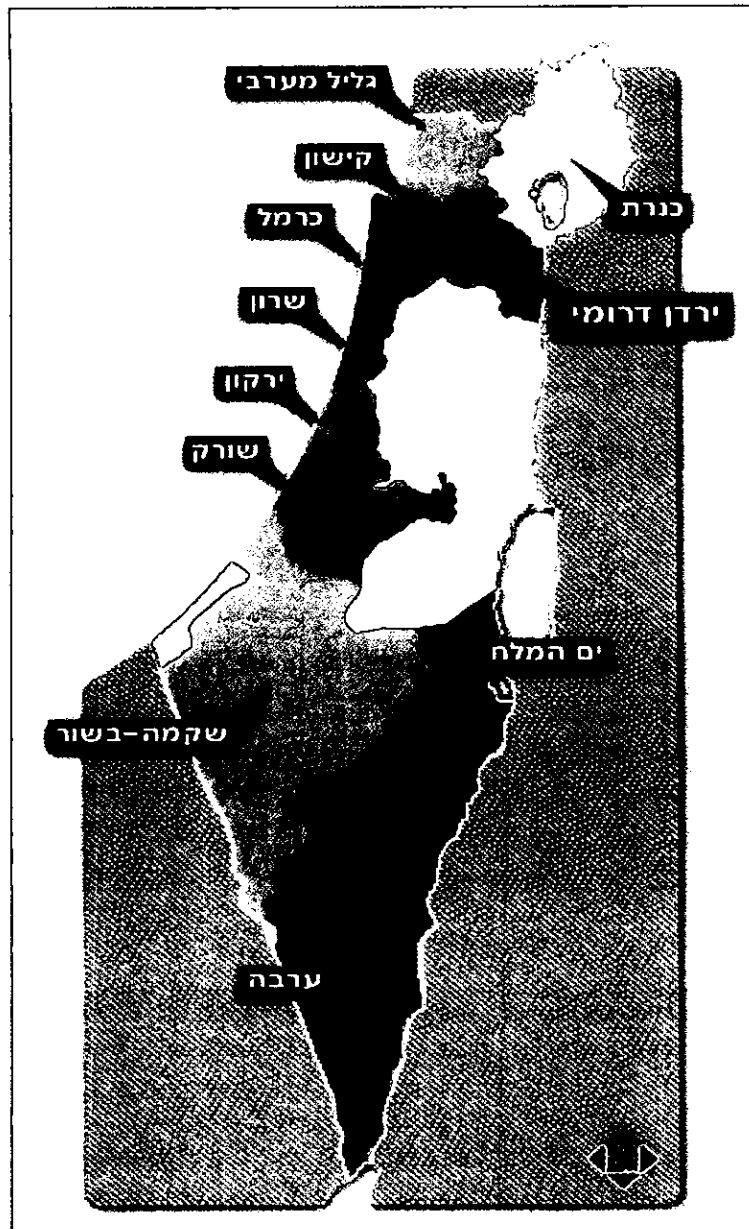
שביל גישה אחורי קיים למבנים מספר 87-84 בשכונה הקיימת. מבנים אלו כוללים מספר בתים של משפחות ערביות. שיפועי הקרקע מהנקודה הגבוהה של השטח לכיוון דרום מזרח יוצרים נקודה נמוכה בסמוך למבנים אלו. שלולית מקומית בסמוך לבתים אלו לראות בתמונה מספר 2 בנספחים.

מערכת ניקוז מקומית עילית סודרה במקום על מנת למנוע ממים הבאים מהחלק הכיפתי של השטח לזרום אל תחום מגרשי הבתים.

תיחום רשויות הניקוז מופיע במפה שלהלן. מבדיקה עולה כי נחל קלט (ואדי קלט) אינו נמצא בתחומה של רשות ניקוז ים המלח, כמו גם לא בשטח השיפוט של רשות ניקוז ירדן דרומי. במרחב ירושלים, נמצא כתם ירוק הכולל את תחום מרכז העיר תחת אחריותה של הרשות המקומית.

ראה מפה מספר 1 להלן.

מערכת הניקוז בשכונת פסגת זאב ושטח התב"ע מצוי כולו בתחום שיפוט העיר ירושלים. על כן, נתונים בגין מערכת הניקוז המקומית נאספו ממחלקת הביוב והתיעול של חברת הגיחון.



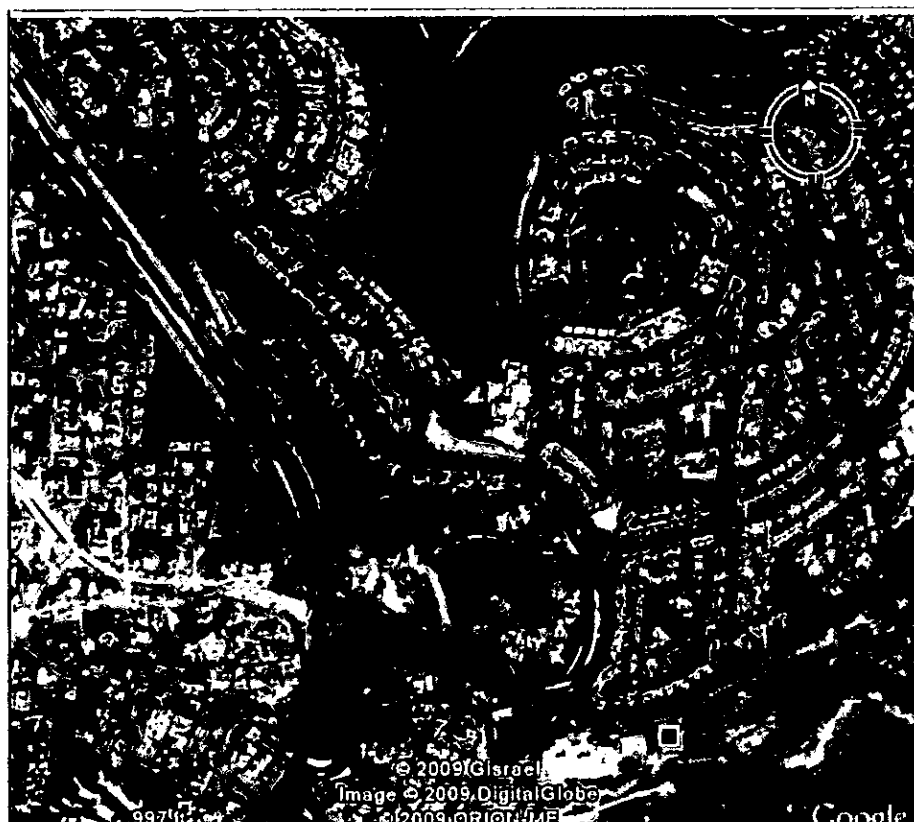
כלל שטח התב"ע המוצעת חולק לאגני משנה. החלוקה נקבעה בהתאם לטופוגרפיה המקומית, ובהתחשב בתכנון מערך הכבישים של התכנית. זה מייצר בחלקו טופוגרפיה מלאכותית המשפיעה על כיוון זרימת המים לאורך הכבישים וכיוון ניקוז מגרשי המבנים. לשטח התוכנית - 141 דונם - מפנה כלפי מזרח. על פי הטופוגרפיה המקומית אותרו 5 מוצאי ניקוז. 3 מהם - פונים לשדרות משה דיין והלאה מזרחה באמצעות מערכת הניקוז המקומית אל ואדי חאפי. ראה פירוט בפרק "מערכות ניקוז קיימות". מוצא ניקוז נוסף הוא למערכת הניקוז הקיימת בשדרות סיירת דוכיפת בשכונה הקיימת. מוצא הניקוז הדרומי נמצא מדרום לשדרות סיירת דוכיפת ומוצאו אף הוא למובל הניקוז הקיימת ולואדי שממזרח. תמונות של מוצאי הניקוז לשדרות משה דיין ולרחוב סיירת דוכיפת ניתן לראות בנספחים לעבודה.

פירוט מלא על מערכת התיעול המקומית ונקודות החיבור בין מוצאי הניקוז ומערכת הניקוז הקיימת ראה בפרק 7  
טבלה 1 להלן מסכמת את חלוקת השטח לתת אגני הניקוז. סימון האגנים ראה במפה.

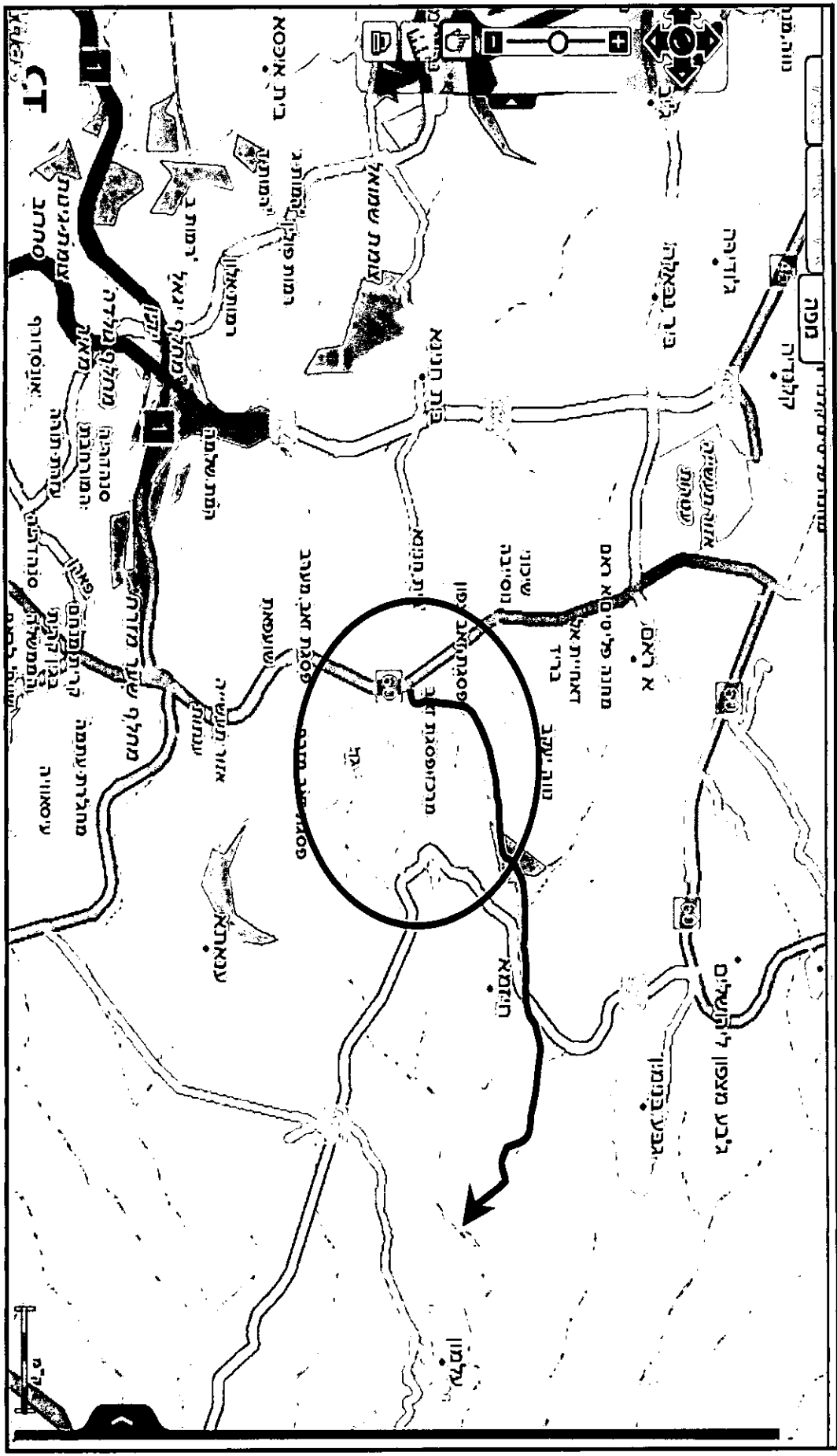
טבלה 1 - זיהוי אגני המשנה ומוצאי הניקוז

שם המוצא ומיקומו	שטח כללי למוצא	אגנים שייכים	מספר מוצא
שדרות משה דיין מוצא מרחי	33.1	I, II, VI	1
רחוב סיירת דוכיפת (פייגלין)	33.5	III, V, IX	2
שדרות משה דיין, מדרום לדוכיפת	17.5	VI	3
שדרות משה דיין מוצא מזרחי	30.92	VII	4
שדרות משה דיין מוצא צפוני מזרחי	25.5	VIII	5
	140.52	סה"כ כללי	

איור 2 תצלום אוויר פסגת זאב + תיחום תוכנית 11647 (לא אנליטי)



איור 3 אזור פסגת זאב צפון, וכיוון הרימת הוואדיות למזרח: ואדי אל מחפי, ואדי קלט.





### 3. בסיס הנתונים

#### 3.1 תכסית הקרקע – מצב קיים

בסיס הנתונים להערכת מידת התכסית של הקרקע במצב הקיים, ובמצב המוצע, מבוסס על מסמכי תוכנית הבינוי המוצעת. תחום שטח התוכנית כולל חלקים שאינם מפותחים כלל להם מקדם נגר נמוך ( $C=0.2$ ) וכאלו הכוללים חלקים מכביש משה דיין הקיים, רחוב בנוי מעל שדרות משה דיין ושדרות סיירת דוכיפת (כביש  $C=0.95$ ). על כן חושב מקדם הנגר העל קרקעי של השטח במצבו הקיים בחולצייה של כל תת אגן בנפרד. החישוב מתייחס למידת אטימות הקרקע על פי מקדם הנגר C של השיטה הרציונאלית.

טבלה 2 סיכום תחשיב מקדמי הנגר העל קרקעי, מצב קיים

#	סימן אגן	שטח אגן, דונם	תכסית קיימת, פתוחה/בנויה	מקדם התכסית מצב קיים טרום פיתוח ובינוי
1	I	18.8	80.0%	
			20.0%	0.39
2	II	4.2	100.0%	
			0.0%	0.3
3	III	4	100.0%	
			0.0%	0.3
4	IV	10.1	100.0%	
			0.0%	0.3
5	V	10.5	100.0%	
			0.0%	0.3
6	VI	17.5	100.0%	
			0.0%	0.3
7	VII	30.92	100.0%	
			0.0%	0.3
8	VIII	25.5	30.0%	
			70.0%	0.615
9	IX	19.2	0.0%	
			100.0%	0.95
סה"כ כללי		140.7	מקדם נגר כללי מחושב	0.457

בסכום החישוב, בהערכת תכסית הקרקע ומקדמי הנגר העל קרקעי – על פי שיטת CIA - נמצא כי מקדם תכסית הקרקע של המצב הקיים מוערך בכ  $C=0.457$ . (על ממדי)

### 3.2 שימושי הקרקע ומקדמי הנגר.

מידת תכסית הקרקע במצב המפותח הוערכה בשתי דרכים:

1. על פי נתוני שימושי הקרקע כפי שמופיעים בתוכנית הבינוי.
2. על פי תסריט הבינוי, תוך התחשבות בשטחי מבונים אטומים (מבנים כבישים) ושטחים המוגדרים לבניה אולם בפועל כוללים חצרות בתים.

טבלה 3 שימושי הקרקע על פי תוכנית הבינוי, ומקדמי הנגר

מספר מוצא	אחז מהשטח	שטח כללי מ"ר	ייעוד הקרקע	מקדם נגר לתא השטח	29,469.0
1	27.8%	39,292	מגורים ג'	0.750	4,556.9
2	3.8%	5,361	מסחר	0.850	384.8
3	0.3%	405	מתקנים הנדסיים	0.950	5,610.0
4	5.3%	7,480	מבנים ומוסדות ציבור	0.750	18,565.4
5	37.5%	53,044	שטח פתוח ציבורי	0.350	32,131.9
6	25.3%	33,823	דרכיים קיימות ומתוכננות	0.950	1,522.5
7		2,030	שביל מעבר	0.750	0.652
סה"כ כללי		141,435	מקדם הנגר העל קרקעי למצב הפיתוח		

להלן סיכום תחשיב מקדם הנגר העל קרקעי המשוקלל לשטח על פי הערכת שטחי הבינוי.

טבלה 4 סיכום תחשיב מקדמי הנגר העל קרקעי, על בסיס תשריט הבינוי.

#	סימן אגן	שטח אגן, דונם	תכסית קיימת, פתוחה/בנויה	תכסית מוצעת פתוחה/בנויה	שטח הקרקע המוצע לבינוי, דונם	מקדם התכסית המשוקלל לפי התוכנית המוצעת																																																																										
1	I	18.8	80.0%	80.0%	3.76	0.43																																																																										
			20.0%	20.0%			2	II	4.2	100.0%	0.0%	4.2	0.75	0.0%	0.0%	3	III	4	100.0%	20.0%	3.2	0.67	0.0%	80.0%	4	IV	10.1	100.0%	50.0%	5.05	0.55	0.0%	50.0%	5	V	10.5	100.0%	20.0%	8.4	0.67	0.0%	80.0%	6	VI	17.5	100.0%	40.0%	10.5	0.59	0.0%	60.0%	7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59	0.0%	60.0%	8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי	
2	II	4.2	100.0%	0.0%	4.2	0.75																																																																										
			0.0%	0.0%			3	III	4	100.0%	20.0%	3.2	0.67	0.0%	80.0%	4	IV	10.1	100.0%	50.0%	5.05	0.55	0.0%	50.0%	5	V	10.5	100.0%	20.0%	8.4	0.67	0.0%	80.0%	6	VI	17.5	100.0%	40.0%	10.5	0.59	0.0%	60.0%	7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59	0.0%	60.0%	8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627				
3	III	4	100.0%	20.0%	3.2	0.67																																																																										
			0.0%	80.0%			4	IV	10.1	100.0%	50.0%	5.05	0.55	0.0%	50.0%	5	V	10.5	100.0%	20.0%	8.4	0.67	0.0%	80.0%	6	VI	17.5	100.0%	40.0%	10.5	0.59	0.0%	60.0%	7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59	0.0%	60.0%	8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627													
4	IV	10.1	100.0%	50.0%	5.05	0.55																																																																										
			0.0%	50.0%			5	V	10.5	100.0%	20.0%	8.4	0.67	0.0%	80.0%	6	VI	17.5	100.0%	40.0%	10.5	0.59	0.0%	60.0%	7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59	0.0%	60.0%	8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																						
5	V	10.5	100.0%	20.0%	8.4	0.67																																																																										
			0.0%	80.0%			6	VI	17.5	100.0%	40.0%	10.5	0.59	0.0%	60.0%	7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59	0.0%	60.0%	8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																															
6	VI	17.5	100.0%	40.0%	10.5	0.59																																																																										
			0.0%	60.0%			7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59	0.0%	60.0%	8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																																								
7	VII	30.92	100.0%	40.0%	18.552	0.59																																																																										
			0.0%	60.0%			8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59	70.0%	60.0%	9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																																																	
8	VIII	25.5	30.0%	40.0%	15.3	0.59																																																																										
			70.0%	60.0%			9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95	100.0%	100.0%	סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																																																										
9	IX	19.2	0.0%	0.0%	19.2	0.95																																																																										
			100.0%	100.0%			סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																																																																			
סה"כ כללי		140.7	שטח קרקע כללי		88.162	0.627																																																																										

מקדם הנגר העל קרקעי – סיכום	
C=0.627	בחישוב על פי נתוני הבינוי בתוכנית הבינוי
C=0.457	בחישוב על פי התשריט, כולל שקלול חצרות הבתים

מקדם הנגר העל קרקעי חושב לערך של 0.627-0.652.  
המקור לפער בתחשיב הוא מקדמי הנגר השונים של חצרות המבנים.  
**הוחלט כי לצרכי תכנון יקבע מקדם הנגר הגבוה מהשניים 0.652.**

### 3.3 הוראות תוכנית תמ"א 34 ב'

תוכנית מתאר ארצית תמ"א 34 מגדירה את כלל ההנחיות הדרושות עבור עריכת נספחי ניקוז לתוכניות חדשות. בנספחים לעבודה זו ניתן למצוא את תיקון 4 להוראות התמ"א אשר הופץ ב 07/12/2008.

מצ"ב מתוך מסמכי התמ"א ההוראות הנוגעות לעניין של עוצמות התכן לתכנון של מערכות ניקוז ומתקני ניקוז. בהוראות מצוין כי הרשות המקומית יכולה לבחור קריטריונים אחרים מאלו המופיעים בטבלה ובלבד שנתוני התכן לא יהיו ברמת שירות נמוכה מזו הקבועה בטבלה.

כאמור, תחום התוכנית מצוי בתחום השיפוט של עיריית ירושלים. בפגישה שנערכה ב 18/01 במשרדו של מנהל השירותים הטכניים בחברת הגיחון, אגף הביוב והניקוז, נמסר כי קריטריון התכן למערכות ניקוז בשטחים עירוניים בנויים בצפיפות של החברה עומד על זמן חזרה של 50 שנה, ש"ע לנדירות עוצמת גשם של 2%.

תחנת הגשם הקרובה של השירות המטאורולוגי נמצא בשדה תעופה עטרות. תחנה זו אינה פעילה החל משנות ה 2000. על כן נעשה שימוש בתחנת מי הגשם של מרכז העיר ירושלים. תחנה זו כוללת מד נפחי סטנדרטי וכן מד גשם רשם למדידת עוצמות (נפח של 10 דקות).

#### 2.6 חישוב ספיקת התכן בעורקים שבתחום התכנית יתבסס על הטבלה הבאה או על פי ערכונים כפי שיעודכנו מעת לעת על-ידי נציב המים:

השימוש בשטח	תקופת חזרה בשנים	הסתברות מירבית לאירוע בשנה ביסודית
הקלאות: גודלי טווח ומסעים, פארקים	10	10%
בתי צמיחה ומבנים בשטחים פתוחים	25	4%
כבישים ומסילות ברזל *	לפחות 50	2% לכל היותר
סוללות מאגרים וסכרים **	100	1%
שטחים מבונים - כמפורט בטבלת שטחים מבונים	-	-
שטחים מבונים (רחובות, מגרשי חניה חצרות בתים וכיו"ב)	5 עד 50	20% עד 2%
הצפה פנימית של בתים מכל מערכת ניקוז.	100	1%

כמו כן עוסקת התמ"א בקריטריוני התכן על פי סוג שימוש הקרקע וגודל השטח. מצ"ב טבלת שימושי הקרקע וקביעת נדירות אירוע הגשם המשמש כקריטריון התכנון, על פי הוראות התמ"א.

טבלת שטחים מבוניים המעורבנת מיום 14.11.07 :

מס'	מאפייני השטח העירוני	גודל אגן ההתנקזות. דונם	גודל שקע מוחלט, דונם	תקופת חזרה בשנים
1	ניקוז מקומי בשכונת מגורים וכבישים משניים	עד 1,000	עד 5	5
2	ניקוז מקומי (בינתק) באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	עד 500	עד 5	10

3	ניקוז ראשי (בינתק) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מעל 500 עד 2,000	מ- 5 עד 10	10
4	ניקוז ראשי באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	מעל 500	מעל 5	20
5	ניקוז ראשי (נרחב) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מעל 2,000	מעל 10	20
6	ניקוז עירוני ראשי ומעברי כבישים בין עירוניים וארציים	מעל 5,000		50

על פי עדכון טבלת השטחים עולה כי עבור נספח הניקוז לתוכנית 11647 המדדים הם: שורה 1: ניקוז מקומי בשכונת מגורים וכבישים משניים, עד 1,000 דונם, תקופת חזרה בשנים 5 (לא פחות) .

### 3.4 עוצמות הגשם לתכנון

עוצמת הגשם לתכנון נקבעה על פי הוראות תמ"א 34 .  
עוצמות הגשם לתכנון, על פי תחנת מרכז העיר ירושלים נקבעו באישור חברת הגיחון ירושלים ותוך התייחסות למדדים שבתוכנית המתאר הארצית .

#	עוצמת גשם מ"מ/שעה	מתאימה לזמן חזרה של .....	הערות
1	45 מ"מ/שעה	זמן חזרה 1:25 שנה, הסתברות אירוע 4%	ראה עקום IDF בנספח
2	55 מ"מ/שעה	זמן חזרה 1:40 שנה, הסתברות אירוע 2.5%	ראה עקום IDF בנספח
3	65 מ"מ/שעה	זמן חזרה 1:50 שנה, הסתברות אירוע 2%	ראה עקום IDF בנספח

#### 4. אגני הניקוז ומוצאי הניקוז

כאמור בפרק הטופוגרפיה וטופולגיית השטח, אותרו בכלל שטח התוכנית המוצעת 5 מוצאי ניקוז. ריבוי מוצאים אלו נובע מהעובדה כי השכונה פרוסה על פני "פלח" רחב שלו מספר כיווני ניקוז, עם מגמה אחידה של כולם למזרח. חלקה הדרומי של השכונה כולל משבצת קרקע הנמצאת מדרום לרחוב סיירת דוכיפת ועל כן מוצא הניקוז נפרד מזה של מרבית השכונה. מוצא נוסף קיים למערכת הניקוז הקיימת ברחוב סיירת דוכיפת. שלושת המוצאים האחרים מבוססים כולם על חיבור למערכת קיימות שדרות משה דיין בשכונה הקיימת. מצ"ב פירוט של מוצאי הניקוז

טבלה 5 ריכוז שטחי תת האגנים במתחם התכנון

ריכוז שטחי תת-אגני ההיקוות בתחום התוכנית									
מס	1	2	3	4	5	6	7	8	9
סימול	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
שטח	18.8	4.2	4	10.1	10.5	17.5	30.92	25.5	19.2

טבלה 6 סיכום אגני הניקוז בתחום התוכנית ומוצאי הניקוז

מספר מוצא	אגנים שייכים	שטח כללי למוצא	שם המוצא ומיקומו	מקדם נגר משוקלל לשטח
"1"	I, II, VI	33.1	שדרות משה דיין מוצא מזרחי	0.507
"2"	III, V, IX	33.5	רחוב סיירת דוכיפת (פייגלין)	0.834
"3"	VI	17.5	שדרות משה דיין, מדרום לדוכיפת	0.590
"4"	VII	30.92	שדרות משה דיין מוצא מזרחי	0.590
"5"	VIII	25.5	שדרות משה דיין מוצא צפוני מזרחי	0.590
סה"כ כללי		<b>140.52</b>		<b>0.627</b>

הסימון בכתום: מוצאי הניקוז הגדולים המוצגים בפרק 5 להלן. מפה מסכמת של חלוקת השטח לאגני ההיקוות, תחום כל אגן היקוות ומוצא האגן מצורפת בנספח לתוכנית זו.

## 5. עוצמות הנגר לתכנון

לצורך חישוב עוצמת הנגר העל קרקעי שמקורו בסופה בעלת עוצמה קבועה שמשכה כמשך זמן הריכוז באגן, נהוג השימוש בנוסחה הרציונאלית הקושרת בין עוצמת הגשם, מקדם הנגר העל קרקעי (פרמטר על ממדי המתאר את מידת תכסית הקרקע) וגודל השטח המתנקז.

לנוסחה הרציונאלית צורה של :

$$Q=C*I*A$$

כאשר:

**C** מקדם הנגר העל קרקעי,

**I** עוצמת גשם התכן, נקבעת על פי זמן הריכוז באגן,

**A** גודל השטח המתנקז,

לנוסחה הרציונאלית מספר חסרונות הבאים לביטוי בעיקר בשטחים בעלי מירקם בנוי:

- א. שימוש בשיטה הרציונאלית,  $Q=C*I*A$  קובע את ערכה של ספיקת השיא בלבד ולא נותן כל מדד למשך אירוע הנגר.
- ב. השיטה קובעת כי קיים קשר לינארי בין עוצמת הגשם, גדול השטח ורמת התכסית שלו, בעוד שבפועל עוצמות גשם שונות גורמות לגובה שונה של הקרקע הסופגת.
- ג. שימוש בשיטה הרציונאלית אינו מאפשר למשתמש להעריך את נפח הנגר באירוע הגשם. כל שימוש באלמנטים לויסות הנגר העירוני ועידוד מערכות חלחול לתת הקרקע מחייב מנגנון חישוב הכולל את נפח הנגר באירוע.
- ד. השיטה מתייחסת אך ורק לעוצמת גשם קבועה באגן ואינה יכולה לתת ביטוי לעוצמות גשם משתנות במשך הסופה.
- ה. השיטה הרציונאלית אינה מבחינה בין תרומות הנגר של האזורים השונים במרחב אגן הניקוז. כמו כן אינה מבחינה השיטה בפילוג השטח האטום באגן: האם זה מופיע כולו בריכוז סמוך למוצא או מפולג אחד על פני השטח כולו.
- ו. עבודות נעשו בעולם הראו כי הקשר הלינארי הכלול בנוסחה בין השטח, העוצמה ומקדם התכסית אינו מביא בחשבון מנגנונים קטנים של מיתון נגר כגון אוגר מקומי וזמן השהייה. לכן בד"כ, נמצא כי חישוב בשיטה זו מביא לערכים גבוהים מאלו הריאליים.

לפיכך מוצע כי בעבודה זו יעשה שימוש במודל הידרוגרף יחידה. ערך הפיק המתקבל משימוש בשיטה זו ישמש לכיול של עקום הידרוגרף היחידה, עליו מפורט בפרק הבא.

## 5.1 מודל הידרוגרף יחידה – מתודולוגיה

שיטות הידרוגרף היחידה UH - UNIT HYDROGRAPH פותחו בארה"ב בתחילת המאה ה-20 והתאמו עם השנים לאזורים בעלי מירקם עירוני ומרקמים של שכונות פרברים. בבסיס השיטה עומדת ההנחה כי תגובת כל אגן היקוות לגשם עודף היא דומה. הבדלי התגובה נובעים בעיקרם מתכונות השטח - גודל, שיפוע אופי תכסית - ולא מהגשם העודף. עוצמת התגובה תלויה בנפח הגשם העודף. על כן לכל אגן היקוות בעלי מאפיינים פיזיים נתונים ניתן להגדיר הידרוגרף יחידה המתאר את תגובת האגן לגשם עודף בעובי  $D=1$  יחידה. על מנת שניתן יהיה לאפיין את התגובה לכל עובי גשם נתון, יש לבנות  $N$  הידרו גרפים המתארים את התגובה לעובי הגשם הנדרש, לחברם. התוצאה היא תגובת האגם לגשם התכן. שימוש בהידרוגרף היחידה של שניידר מאפשר:

1. חישוב ערכו של הנגר העל קרקעי לכל עובי גשם, באמצעות הכפלת עקום התגובה בעובי הגשם (עקרון הלינאריות).
2. חישוב תרומות הנגר למוצא של אזורים מרוחקים מהמוצא, באמצעות ייצוג התרומה עם פיגור בזמן הופעתה במוצא וחיבור תרומות הנגר על בסיס אורדינאטות הזמן (עקרון הסופר-פוזיציה).

## 5.2 הידרוגרף היחידה של שניידר

מודל הידרוגרף היחידה של **שניידר Shnyder** מיועד לשימוש באזורים בעלי מירקם עירוני (רמת כיסוי מעל 45%-50%) ובעלי שטח אגן הקטן מ-15 קמ"ר. מקדם הנגר המחושב לתוכנית זו -  $C=0.652$  - מאפשר שימוש במודל. ההידרוגרף הכולל, מתאר את תגובת השטח המחושב לאירוע גשם שבו עובי הגשם העודף 1 מ"מ. על פי התיאוריה, תגובת האגן תלויה בעיקר בתכונותיו הפיזיות הבאות לידי ביטוי בתכסית השטח, השיפוע באגן ומשך זמן זרימת המים למוצא. על בסיס אלו נקבע זמן הריכוז. משוואת הקשר של המודל, קושרת את זמן הריכוז, הזמן לשיא הזרימה (קודקוד ההידרוגרף) ומשך הגשם המתאים לאירוע זה. על בסיס משך הגשם המחושב והנחת הבסיס כי מדובר בתגובת האגן לעובי גשם עודף של 1 מ"מ, מחושבת עוצמת הגשם המתאימה לעקום. לדוגמא: גשם עודף של 1 מ"מ במשך זמן גשם של 12 דקות, קרי הידרוגרף המתאים לגשם שעוצמתו 5 מ"מ/שעה. עבור כל עוצמת גשם שונה, עבורה נדרש לקבל את תגובת האגן, על פי עקרון הלינאריות יש להכפיל את האורדינטה האנכית ביחס שבין עוצמת הגשם של ההידרוגרף ועוצמת התכן הדרושה. לדוגמא: באם ההידרוגרף מחושב לעוצמה של 5 מ"מ/שעה, על מנת לקבל את תגובת האגן לעוצמה של 40 מ"מ/שעה יש להכפיל את ערכי הציר האנכי פי 8. בכל מקרה על פי עקרון שניידר, אורך בסיס ההידרוגרף הכללי והזמן להופעת ספיקת השיא אינו לוי בעוצמת הגשם העודף.

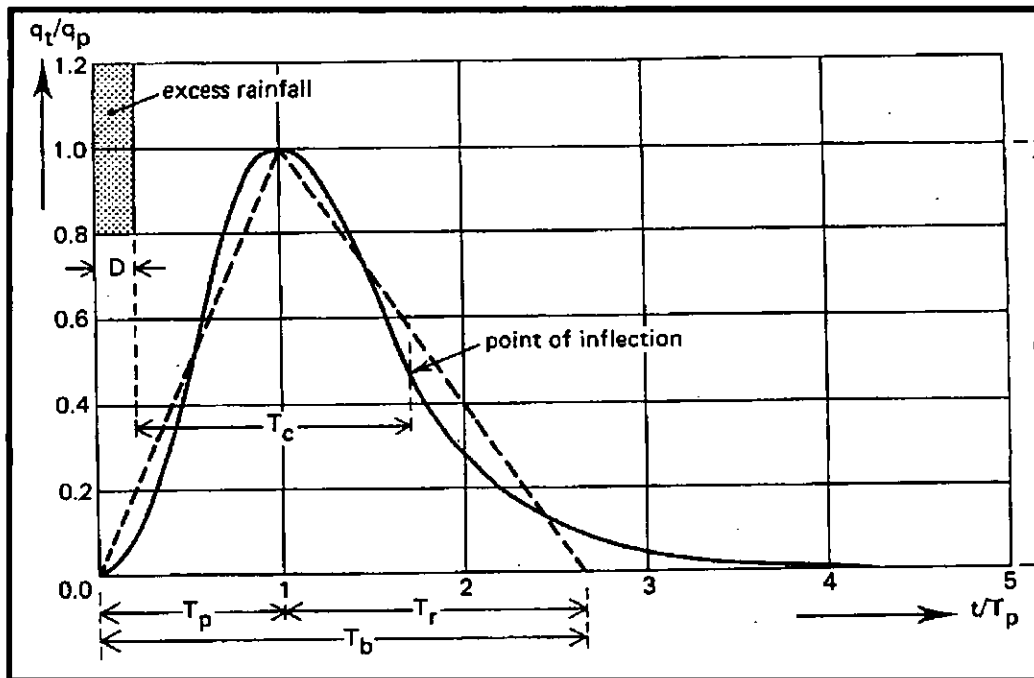
חישוב הנגר העל קרקעי בשיטה זו מאפשר בנוסף:



1. לתאר את עקומת התגובה של הנגר שמקורה לא בעוצמה אחידה של הגשם על פני משך הזמן, אלא עוצמה מתונה בחלק הראשון של אירוע הגשם ועוצמת גשם עבה יותר בהמשכו.
2. להעריך את תרומת הנגר הנוספת, אם קיימת כזו, של אגן חיצוני המגיעה את מוצאי הניקוז המחושבים בפיגור זמן.

הידרוגרף היחידה של שניידר בוא נעשה שימוש בעבודה זו מובא להלן.

איור 4 הידרוגרף היחידה של שניידר



משוואות העבודה של הידרוגרף שניידר מובאות להלן:

<p>באגנים קטנים עד 12 קמ"ר ניתן להניח</p> <p><math>T_p \approx T_c</math></p>	<p><math>T_p = 0.7 T_c</math></p> <p><math>T_b = 2.67 T_p</math></p>
<p>עבור אזורים עירוניים בעלי</p> <p>מקדם תכסית אטומה הגבוה מ 0.5</p> <p><math>L, Lca</math> – אורך ערוץ הזרימה, אורך הזרימה ממרכז הכובד למוצא</p>	<p><math>T_p = Ct * (L * Lca)^{0.3}</math></p>
<p>- ספיקת השיא לכל אירוע גשם שעוביו 1 מ"מ <math>Q_p</math></p> <p>- <math>Ct</math> – מקדם המתאר את התכסית האטומה 1.8-2.3</p>	<p><math>Q_p = C_p * A / T_p</math></p>
	<p><math>A</math> גודל השטח בקמ"ר,</p>

## 6. עוצמת הנגר המחושבת

עם קבלת הנחיות התכנון מעת חברת הגיחון וגמר תחשיב עבור שטחי האגני ומרקמם נערכו התחשיבים עבור עוצמת הנגר ועובי הנגר הצפוי מתוכנית הבינוי של השטחים הקיימים.

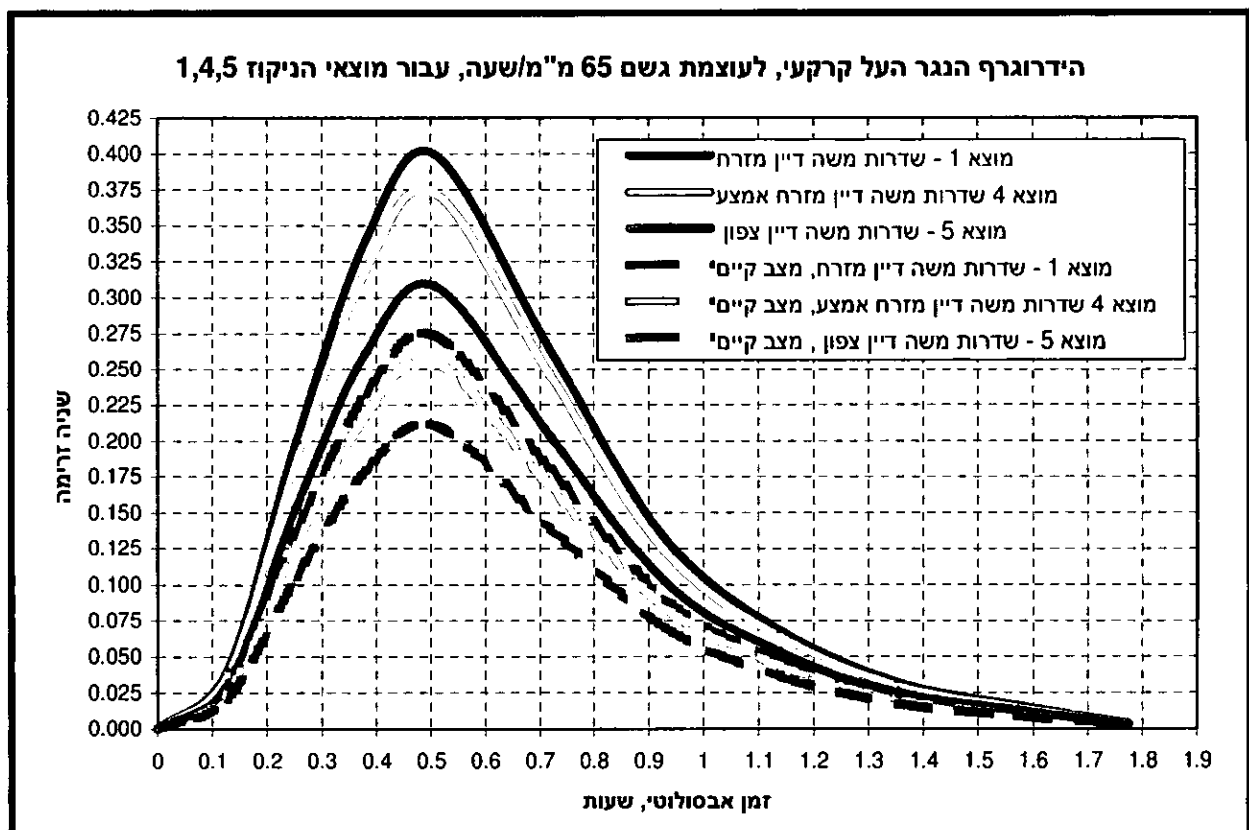
להלן סכימה המפרטת את כלל התחשיבים שבוצעו:

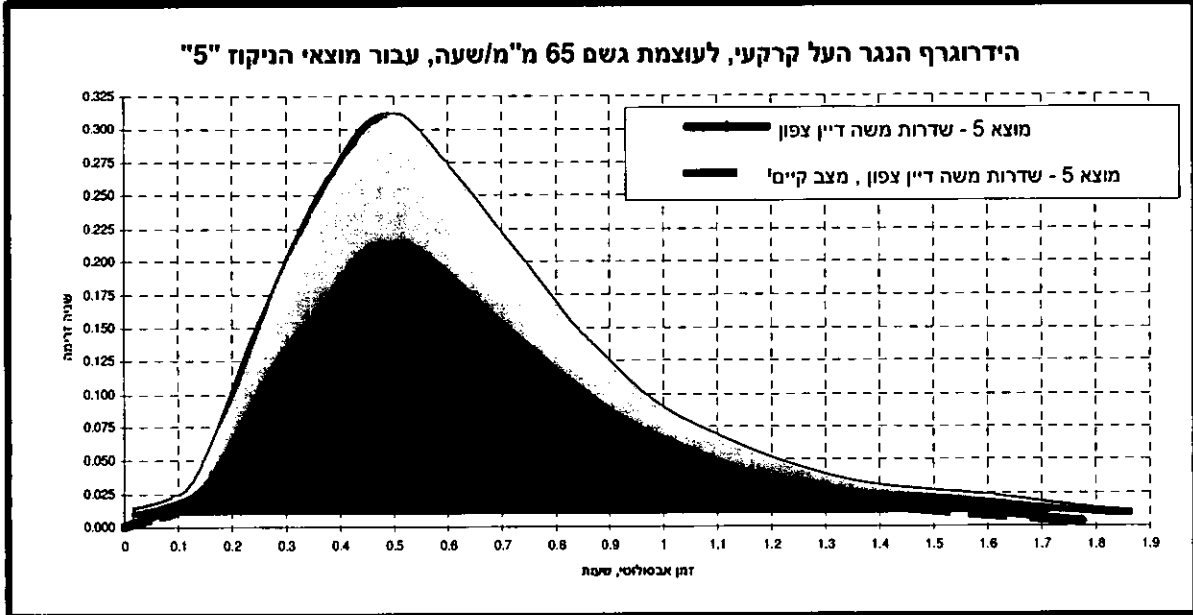
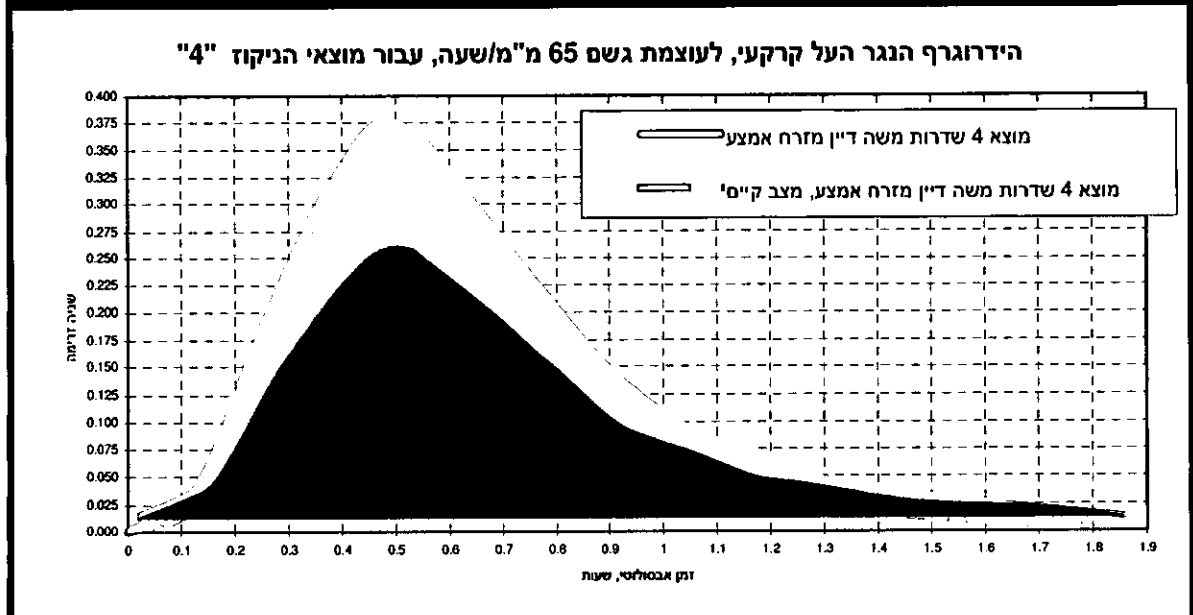
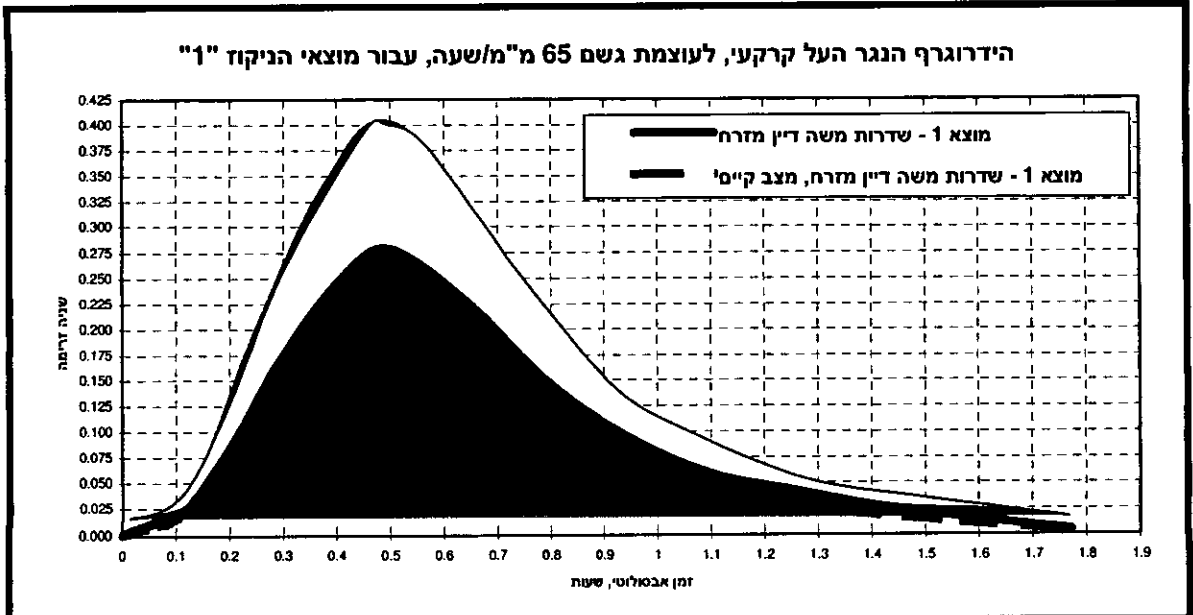
עבור 3 הסתברויות לקבלת אירועי גשם :  $T=1:25$ ,  $T=1:40$ ,  $T=1:50$  (T זמן חזרה, שנים) המתאימים לעוצמות גשם של 65, 55, 45 מ"מ שעה חושבה עוצמת הנגר לכל אחד מחמשת המוצאים שאותרו "1" - "5".

סה"כ 15 תחשיבים לכלל המצבים (5 מוצאים, 3 עוצמות תכן) עבור עוצמת התכן המתאימה לזמן החזרה הנדיר יותר, חושבה חלופה הנוספת המכמתת את השינוי בנגר העירוני כתוצאה מיישום של מערכות למיתון נגר והפחתת זרימת השיא אל המערכת הציבורית (עוד 5 תחשיבים, אחד לכל מוצא עבור עוצמת תכן 65 מ"מ/שעה).

הטבלה המצ"ב מציגה את אופן חישוב תרומת הנגר העל קרקעית ממנו הוצאו הידרוגרמות הזרימה.

אל מול תחשיבי המצב המוצע, עם ובלי מיתון נגר על קרקעי חושבו תרומות הנגר של המצב הקיים, זאת על מנת להעריך את תוספת הנגר כתוצאה מהליך הבינוי המוצא.





P	O	M	M	L	K	J	I	H	O	F	E	D	C	B
<b>מצב קיים</b>														
5 לוחות	400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	אורז צ'ר גשום	5 לוחות	400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום
400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	400.0
265.7	100.0	265.7	200.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	265.7	100.0	265.7	200.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	265.7
32.2+1008.4	19.5+232.4	32.2+1008.4	27.129724	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	32.2+1008.4	19.5+232.4	32.2+1008.4	27.129724	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	32.2+1008.4
182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	פרדת מסייג	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2
1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	פרדת מסייג	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
51.986	51.986	31.220	51.986	43.408	51.986	דפן גרינד מונשב דרוג	51.986	31.220	51.986	43.408	51.986	31.220	51.986	43.408
0.880	0.880	0.630	0.880	0.728	0.880	דפן גרינד מונשב דרוג	0.880	0.630	0.880	0.728	0.880	0.630	0.880	0.728
10.817	10.817	6.244	10.817	8.882	10.817	מטר גמט ג עודה	10.817	6.244	10.817	8.882	10.817	6.244	10.817	8.882
6.818	6.818	8.808	6.818	8.811	6.818	עוטמת גמט שבני דרוג	6.818	8.808	6.818	8.811	6.818	8.808	6.818	8.811
26.5	30.92	17.5	33.5	33.1	26.5	שטן גאן	26.5	30.92	17.5	33.5	33.1	26.5	30.92	17.5
0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	פרדת מר משהולל CIA	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719
<b>מצב מתוכנן</b>														
5 לוחות	400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	אורז צ'ר גשום	5 לוחות	400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום
400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	400.0	200.0	400.0	300.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	400.0
265.7	100.0	265.7	200.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	265.7	100.0	265.7	200.0	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	265.7
32.2+1008.4	19.5+232.4	32.2+1008.4	27.129724	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	32.2+1008.4	19.5+232.4	32.2+1008.4	27.129724	1 לוחות	א	אורז צ'ר גשום	32.2+1008.4
182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	פרדת מסייג	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2	182.2
1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	פרדת מסייג	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
51.986	51.986	31.220	51.986	43.408	51.986	דפן גרינד מונשב דרוג	51.986	31.220	51.986	43.408	51.986	31.220	51.986	43.408
0.880	0.880	0.630	0.880	0.728	0.880	דפן גרינד מונשב דרוג	0.880	0.630	0.880	0.728	0.880	0.630	0.880	0.728
10.817	10.817	6.244	10.817	8.882	10.817	מטר גמט ג עודה	10.817	6.244	10.817	8.882	10.817	6.244	10.817	8.882
6.818	6.818	8.808	6.818	8.811	6.818	עוטמת גמט שבני דרוג	6.818	8.808	6.818	8.811	6.818	8.808	6.818	8.811
26.5	30.92	17.5	33.5	33.1	26.5	שטן גאן	26.5	30.92	17.5	33.5	33.1	26.5	30.92	17.5
0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	פרדת מר משהולל CIA	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719	0.45719

## 7. מערכות הניקוז הקיימות באתר

נתונים על מערכת הניקוז הקיימת בשכונת פסגת זאב התקבלו מעת מחלקת הביוב וניקוז של חברת הגיחון בירושלים.

ככלל, לשכונת פסגת זאב נערכת תוכנית אב לניקוז, כחלק מתוכנית האב לניקוז של העיר ירושלים. קריטריון התכן לתכנון עומד על עוצמת גשם שנדירותה היא 1:50 שנה. נמסר כי בעבר, תוכנן במשבצת הקרקע שממערב לשדרות משה דיין, אזור תעסוקה ומלאכה. תוכנית האב לניקוז וקוטרי הצנרת שחובו הביאו בחשבון מתחם תכנון זה. על כן חושבו מערכות הניקוז למידת פיתוח מסוימת של פני השטח.

בסקירת מערכת הניקוז של ציר משה דיין מדרום לצפון, קיימות המערכות כדלהלן:

1. בחלק הדרומי של הרחוב, מדרום לרחוב סיירת דוכיפת, מצויה מערכת ניקוז ראשית החוצה בסמוך לקניון הפסגה. מערכת זו קולטת אליה את כלל שטח הכבישים והבינוי המתנקזים מצפון ומדרום. המערכת כוללת מובל ניקוז ראשי במידות 1.2\*2.0 מטר החוצה בסמוך לקניון הפסגה. מובל זה קולט אליו את ניקוז הכבישים וכן את ניקוז הוואדי המגיע ממערב ונשפך לכיוון מזרח. בחלק המעלי של מערכת זו, בסמוך לתחנת הכיבוי של פסגת זאב, מצוי קצה קו תיעול בקוטר 50 ס"מ אליו יחובר ניקוז המבנים. אל מערכת ניקוז זו יחובר מוצא ניקוז מוצא "3".
2. מוצא ניקוז לרחוב סיירת דוכיפת: בחלקו המערבי של הרחוב, קיימת תעלת ניקוז מצופה אבן הקולטת את מי הנגר של צומת הכביש. התעלה מצפון לכביש. לאחר כ 200 מטר עוברת התעלה לקו ניקוז קיים בקוטר 80 ס"מ המונח בתוואי הרחוב. כיוון הזרימה למורד למזרח. לקו זה קיים חיבור של מערכת תיעול בקוטר 50 ס"מ מהרחוב הניצב, המיועד לשמש כניסה אל השכונה החדשה. אל מערכת ניקוז זו יחובר מוצא ניקוז מוצא "2".
3. שדרות משה דיין, מוצא ניקוז דרומי (מול "סופר זול"): ברחוב משה דיין קיימת מערכת ניקוז שתחילתה בקוטר 50 ס"מ והמשכה ברחוב נתיב המזלות בקוטר 80 ס"מ. מערכת זו נשפכת אל ערוץ הוואדי שממזרח. מוצא כי כלל הנגר העל קרקעי הצפוי למוצא "1" יחובר אל קו הניקוז ברחוב.
4. המשכה של מערכת הניקוז הקודמת (שדרות משה דיין), עד צומת עם רחוב נתיב המזלות. החל מהצומת ולמורד קוטר קו הניקוז הוא 80 ס"מ. לנקודה זו יחובר מוצא ניקוז מספר "4".
5. בחלק הצפוני של השכונה מול רחוב מזל טלה, קיימת מערכת ניקוז נוספת. זו משרתת את החלק העליון והמערבי של השכונה. קווי הניקוז בקוטר 50 ס"מ מתחילים מרחוב שמחה הולצברג ויורדים למזרח עד מוצא שפיכת מי הנגר לוואדי אל מחפי. בצומת רחוב משה דיין מול מספר בית 107 הוכן לא מכבר מוצא ניקוז לחיבור מערכת עתידית בקוטר 50 ס"מ.

על מנת לבחון את תוספת מי הנגר ביחס לכושר ההולכה הקיים של מערכות הניקוח בשכונה, הוכן תחשיב המציג את העומס הצפוי כתוצאה מתוספת הספיקה לקווי הניקוח הראשונים אליהם יבוצע החיבור, קרי קווי הניקוח בקוטר 50 ס"מ. עבור המוצא בו תרומת הנגר העל קרקעי היא הגדולה ביותר – 0.399 מ"ק/שניה במוצא "1", 1450 מ"ק/שעה - חושבו תכונות הידראוליות של צנרת הניקוח הקיימת. הנחות: שיפוע של צינור ניקוח 5%, מקדם חלקות מאנינג 0.013,

טבלה 7 חישוב כושר ההולכה ודרגת המילוי לצינור בקוטר 50 ס"מ לספיקת התכן

E	D	C	
יחידה	ערך	סעיף	4
	0.013	מאנינג	5
ללא	0.0500	שפוע	6
מ"ק/שעה	1450	ספיקת ניקוח בפועל	7
מ"מ	500	חשב קוטר	8
0.8441	3,039	חשב יכולת הולכה	9
	0.48	חשב יחס ספיקות	10
	0.550	חשב את h/D	11
ללא	1.05	חשב KV	12
	4.30	חשב את Vmax	13
מ/שניה	4.52	חשב V בפועל	14

E	D	C	
יחידה	ערך	סעיף	4
	0.013	מאנינג	5
ללא	0.0500	שפוע	6
מ"ק/שעה	1450	ספיקת ניקוח בפועל	7
מ"מ	800	חשב קוטר	8
2.9563	10,643	חשב יכולת הולכה	9
	0.14	חשב יחס ספיקות	10
	0.300	חשב את h/D	11
ללא	0.95	חשב KV	12
	5.88	חשב את Vmax	13
מ/שניה	5.59	חשב V בפועל	14

מניתוח החישוב ניתן לראות כי :

עבור צינור ניקוח בקוטר 50 ס"מ ובשיפוע 5%, ספיקת התכן המקסימאלית שחושבה (מוצא אגן "1") גורמת לדרגת מילוי בצינור של 0.55 (חשב את  $h/D=0.55$ ), קרי לצינור ניקוח בקוטר זה אין כל בעיה לקלוט את תרומת מי הנגר אליו. עבור צינור ניקוח בקוטר 80 ס"מ ובשיפוע 5%, דוגמת צינור המצוי במורד המערכת לקראת המוצא, תוספת הספיקה שחושבה (אגן "1") יוצאת גידול בדרגת מילוי בצינור של 0.30 (חשב את  $h/D=0.330$ ),

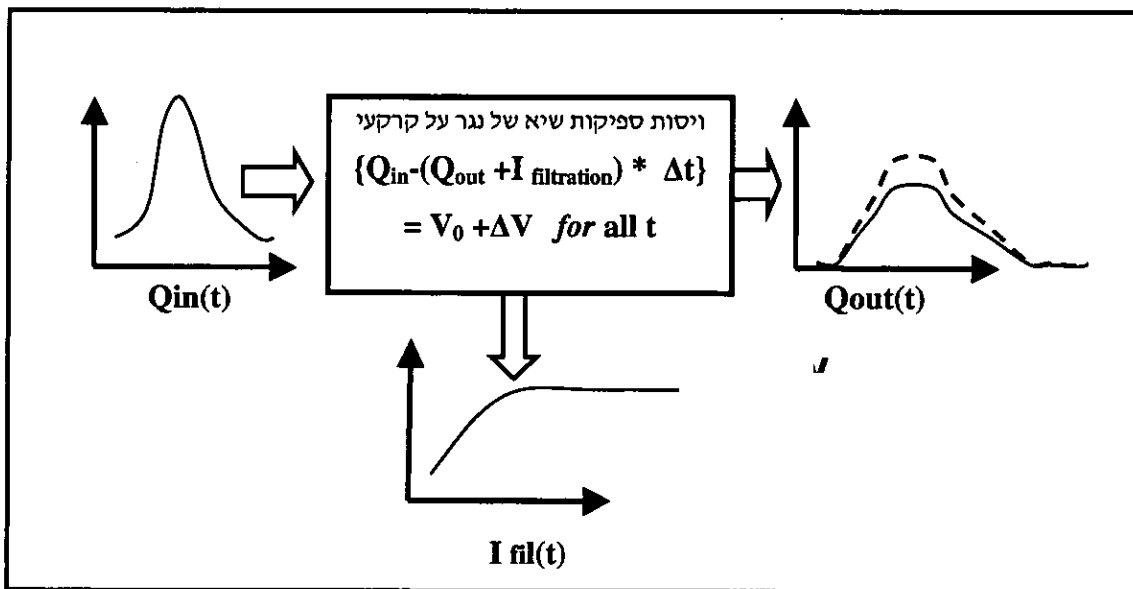
## 8. הוראות חלחול ושימור נגר על קרקע

### 8.1 השהיית נגר על קרקעי

מיתון נגר על קרקעי מוכר כמנגנון לניהול נאות של מי הנגר ויסות ספיקות שיא. חלקם של האמצעים למיתון נגר קשור באופי פני השטח, חלקם במרקם פני השטח וחלקם בתכונות תת הקרקע. החדרה של מים לקרקע באגני חלחול או באמצעות בורות החדרה המלאים חומר פורזיבי, עם מוליכות הידראולית גבוהה, מביאה לצמצום נפחי הנגר. על מנת ליישם עקרונות מיתון נגר על קרקעי נדרש:

1- השהיית הנגר העל קרקעי - ניצולם של שטחים פתוחים כך שיהיו בעלי יכולת "להחזיק" מים. פיתוח שכזה מאפשר לזרימות הנגר לזרום אל מערכות התיעול הציבוריות בספיקות מתונות יותר ובעלות ערך שיא מוזז בזמן יחסית לספיקת הנגר הלא מופרעת. הזזה זו בזמן משמעותיות מבחינת מערכות הניקוז במורד: ללא ויסות נגר מתרכזות במורד כל תרומות המים בשעת שיא, ומערכות הניקוז נדרשות לקטרים וקיבולות גדולות יותר. הזזה מועד ספיקת השיא (באמצעות השהייה) אל מעבר לאירוע שיא הגשם, מאפשרת למערכת התיעול להוליך את ספיקות המים על פי זמן רחב יותר, והתנאים ההידראוליים משתפרים.

הדיאגרמה הבאה מתארת באופן סכמתי את ההשפעה של ויסות הנגר העל קרקעי ואת עוצמת הנגר בחיבור אל המערכת הניקוז הציבוריות.

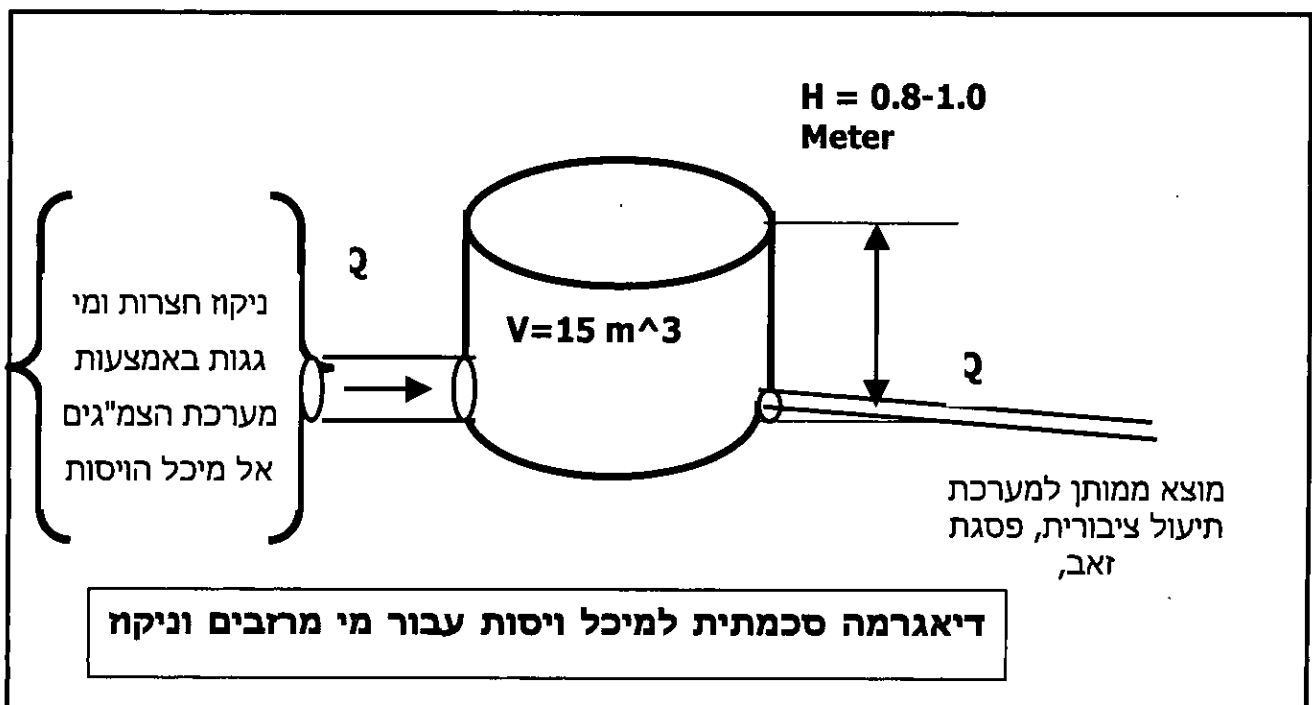


לאור מבנה הקרקע הסלעית הקשה - סלע גיר רצוף אופייני להרי ירושלים - ראה פירוט בפרק 8.2 להלן, מומלץ במסגרת עבודה זו לקיים בעיקר את עקרונות מיתון הנגר העירוני. אלו יהוו מנגנון "אמין" יותר ובעל קיימות לאורך זמן של מיתון הנגר העירוני וצמצום השפעת תוכניות הבינוי ותכסית הקרקע על מערכות הניקוז. בתחום הפחתת נפחי הנגר באמצעות בורות חלחול, נראה כי התועלת תהיה שולית.

הפרק הבא מעלה מספר מנגנונים פיזיים המומלצים לצורך מיתון הנגר ו"הזהה בזמן" של ספיקות הנגר העל קרקעי על מנת להקל עומס על מערכות הניקוז. מערכות מיתון נגר הוגדרו בשני חתכים: מערכות פנימיות, מערכות ציבוריות.

### מערכות פנימיות:

1. מערכות מי הגשם במנקזות את מי הגגות והמרפסות (צמג"ים) ינותבו למערכות תיעול נפרדות במגרשים. כל מערכת צנרת שכזו תסתיים בבור מקומי מותקן בשטח המגרש. נפח הבור יהיה כ 15 מ"ק, מחושב על בסיס כ 500 מ"ר ממוצע לגג מסנה וגשם בעוצמה של עד 40 מ"מ שעה. צינור ניקוז הכניסה יהיה ברום 1 מטר מעל תחתית התא.
2. צינור המוצא של מי הגשם מתא הבטון ועד חיבור למערכת הציבורית יהיה בקוטר אחד יותר קטן מזה של קו המרחבים הנכנס לתא הבטון.
3. תא הבטון, בנפח 15 מ"ק יהווה תא שיכוך לגל מי הנגר.
4. עקרון הפעולה יהיה כזה: כל עוד מדובר באירוע גשם שעוצמתו עד 40 מ"מ/שעה, תהא זרימת מי הגגות בכניסה לתא קטנה מכושר ההולכה של צינור המוצא, ומים לא יערמו בתא. עם העלייה בעוצמת הגשם תגבר ספיקת המוצא למיכל, על ספיקת היציאה ומים יתחילו להיערם במיכל. היערמות זו תגרום לויסות של ספיקת המים המועברת למערכת הציבורית ובמקביל להשהיה של מי נגר במיכל. המים יערמו עד למעבר עיקר העוצמה של סופת הגשם או עד מילוי של המכל. בנקודת המילוי העליונה יוכן צינור גלישה המעביר עודפי ויסות אל קו הניקוז למוצא.
5. כיוון שתכנון מכלי ההשהיה יבטיח יצאה תחתית של המים, בתום העונה לא יעמדו מים בתחתית המיכלים, ואלו יתרוקנו לחלוטין.
6. הדיאגרמה המצ"ב מתארת סכימה עקרונית של יישום מיכל ויסות לכל מגרש. מיכל זה יקלוט באמצעות המערכת המרכזית את מי הגגות ומי המרפסות של כל מבנה.





## **מערכות ציבוריות:**

- בתחום המערכות הציבוריות, בכפוף לתנאי השטח מוצע יישומם של המרכיבים הבאים:
1. חניות ומדרכות משולבות יבוצעו כך שאבנים משתלבות לא יהיו צמודות אחת לשניה אלא יכללו מרווח של כ 0.5-0.8 ס"מ. מטרתו של מרווח זה לא בחדור של מי הנגר אלא בעצירת הזרימה המהירה של המים אל המוצאים. יש להניח כי מנגנון זה יהיה דומיננטי בתחום השכונה החדשה עקב שיפועי הקרקע והכבישים הגבוהים. עצירה חלקית של זרימת המים והאת הגעתם למוצאי הניקוז תביא "לגיהוץ" של ספיקות השיא ותמנע ממערכות הניקוז עומסים גבוהים בזמנים קצרים.
  2. איי תנועה יפותחו כמשטחי קרקע מהם לא ניגרים מים אל מערכות הכבישים. יהיה צורך בפיתוח של איי תנועה במתווה של פיתוח הגבהים באי מסתיים במפלס נמוך מזה של גב אבן השפה. אז, מי נגר, אם ייווצרו בתחום אי התנועה עקב סופה בעלת עוצמה גבוהה, לא יוכלו להגיע אל הכביש אלא יעצרו בגב אבן השפה. פתרון כזה, משולב באדריכלות נוף כולל הכשרת רצועה ברוחב של כ 0.5 מטר בשולי אי התנועה ובו שברי חרס אדומים. לשברי חרס אלו כושר לקיטת מים גבוהה כך שבכל מקרה יספגו המים בשברים אלו ולא יזרמו אל הכביש.
  3. פתרון דומה מוצע ליישם גם בתחום המדרכות – יש לשקול, כל עוד הדבר אפשרי מבחינת רוחב המדרכה, יישום שלך רצועה צרה 0.3-0.5 ובה שברי חרס על מנת למנוע ממדרכות השכונה להיות חלק ממערכת השטח האטום התורמת נגר אל מערכת הניקוז.
  4. לבסוף – גינונים בתחום המדרכה, דוגמת ערוגות עצים וכדומה – יפותחו ללא אבן בליטה על מנת לאפשר למי נגר המדרכה זרימה אל הערוגה.

רק הכבישים יהיו תורמי נגר ישירות למערכת הניקוז. בכל יתר האלמנטים יותקנו מערכות מונעות זרימה של מי נגר. מחצרות הבתים יגיעו למערכת זרימות לאחר מיתון.

## **8.2 חדור לתת הקרקע**

בתחום חדור הנגר העל קרקעי – יש לשאוף להחדרת נגר דרך שטחים סופגים, להם כושר החדרה טוב יותר הנובע מאופי תכסית שטח. מערכות החדרה אלו רגישות לתנאי אחזקה וסתימה עם השנים ולירידה בכושר העברת המים, בד"כ עקב סתימה של חומרים דקים בפני השטח. על כן מנגנונים אלו עוסקים בעיקרם בהקטנת הנפח אולם קיים קושי להעריך את מידת יעילותם, בוודאי על פני מספר שנים.

תכונות הקרקע בתחום השכונה החדשה המוצעת במסגרת תוכנית 11647 כוללת קרקע סלעית קשה, נטולת סדקים. מבט בחתכי הגיאולוגים הנחשפים כתוצאה מעבודות חציבה והכשרת שטח מגלב כי מחשופי האבן צפופים מאוד, נטולי סדקים, בעל מירקם קשה, קידוח בקרקעות אלו קשה אף הוא וכרוך בהמרה של סלע צפוף לחומר דק רב. רק בשכבה העליונה הדקה – 30 ס"מ – ניתן לראות שכבות קרקע חרסיתיות, בד"כ חום כהה המעיד על חרסיות שמנות, עם תכולות רטיבות גבוהות.

## 9. סיכום והמלצות

נספח הניקוז לתוכנית מספר 11647 בתחום פסגת זאב צפון, מתייחס לשינוי המתוכנן בשימושי הקרקע במשבצת הקרקע הקיימת. כלל שטח התוכנית כולל 141 דונם מהם כ-120 דונם בחלק המערבי של שכונת פסגת זאב הקיימת, והיתרה בחלק שמדרום לרחוב סיירת דוכיפת, ממערב לקניון הפסגה.

פני השטח באזור התכנון כוללים קרקע חשופה וטבעית. במרכז השטח מצויה כיפה ובה אתר ארכיאולוגי המיועד לשימור. בשולי הבינוי הקיים של שדרות משה דיין ועד רצועת כביש עירוני ראשי מספר 1 מתוכננת בניה רוויה לגבהים של 4-6 קומות עם פיתוח חצרות וקירות תומכים נמוכים. את תוכנית הבינוי ישרת כביש מעגלי שחלקו הצפוני הממשיך צפוני במקביל לרחוב משה דיין. הכביש החדש מיועד להתחבר אל מערכת הכבישים הקיימת ברחוב סיירת דוכיפת ובשדרות משה דיין, מול מספר בית 40 לערך.

שכונת פסגת זאב הקיימת – המשתרעת לאורך שדרות משה דיין – כוללת מערכות ניקוז ותיעול של חברת הגיחון. אלו בוצעו על פי תוכנית האב העירונית לניקוז. עקרי המצב הקיים :

1. כלל שטח השכונה מתנקז למזרח, אל ואדי מחפי באמצעות מערכות תיעול ברחוב מזל טלה וברחוב נתיב המזלות. קליטת המים בכבישים נעשית ע"י קולטני מי גשם.
2. מערכת הניקוז כוללת קווי תיעול בקטרים 50 ו-80 ס"מ בד"כ. מוצאי הניקוז 80 ס"מ
3. בחלק המערבי של שד' משה דיין הוכנו לא מכבר נקודות חיבור למערכת הניקוז.
4. החלק הדרומי של משבצת התכנון, יחובר למערכת ניקוז בסמוך לקניון "הפסגה" ודרכה עד מובל ניקוז מרכזי במידות 1.2\*2.0 המוליך מי נגר לואדי שממזרח.

בבחינת היקף תכסית השטח במצב הקיים והמוצע נמצא כי מידת האטימות במצב הקיים (ערך ה C בשיטת CIA) הוא 0.452 ואילו במצב המתוכנן 0.652. לתא השטח אופיינו 3 מוצאי ניקוז מהם 3 לשדרות משה דיין, ושניים לכיוון דרום. על פי הוראות אגף הביוב והניקוז של חברת הגיחון, נדרש להתאים את עוצמות הגשם לתכנון לזמן חזרה שנדירותו 1:50 שנה, בסיס הנתונים תחנת גשם מרכז העיר. עוצמת הגשם לתכנון חושבה ל 63 מ"מ/שעה. נתוני הנגר חושבו לפי 65 מ"מ/שעה.

בסיכום החישוב, עבור מוצא ניקוז מספר "1" (שדרות משה דיין) נמצא כי ספיקת הנגר העל קרקעי הצפויה להיקלט במערכת הניקוז הקיימת עומדת על כ-0.399 מ"ק/שניה ביחס ל 0.275 מ"ק/שניה במצב הנוכחי, גידול של 46%.

על מנת למתן את תרומת הנגר העל קרקעי מומלץ בנספח ניקוז זה על יישומם של מנגנוני ייסות ומיתון נגר על קרקעי, בכפוף לתנאי השטח, ואילוצי הבינוי והפיתוח.

ככלל, מוכרים שני מנגנונים לויסות הנגר:

1. חדור לתת הקרקע - מנגנון שעיקרו הקטנת נפח המים באירוע הגשם/נגר,
2. מיתון והשהייה - יצירת מנגנונים באמצעותם מושהים מי הנגר באזורים פתוחים עד שחרורם למורד.

אופי הקרקע, סוג הסלע וצפיפות הבינוי כמעט ואינם מאפשרים יישום של אלמנטים לחלחול מי נגר. ממילא, ידוע כי בורות החלחול נסתמים עם השנים בחומרים דקים הגורמים לירידה בכושר חלחול המים עד סתימת הבור לחלוטין.

על כן מוצע לשים דגש על פיתוח ויישום של אלמנטים "משמרי נגר" בדמות השהייה וויסות מים. בין אלו יש לציין:

1. בתחום המגרשים יותקן מיכל לויסות זרימת מי נגר הגגות בדרכם אל המערכת הציבורית. מכלים אלו יקלטו את מי הגגות ויאפשרו "השהייה" של המים עד שחרור למורד, יש לוודא כי בכל תכנון יהיה צינור המוצא (200 מ"מ) קטן מזה של צינור הכניסה (250 מ"מ) למיכל על מנת להבטיח ויסות נאות.
2. מגרשי חניה המיועדים לפיתוח עם אבן משתלבת יפותחו כך שבין מספר אבנים משתלבות יוותר מרווח של 2-3 ס"מ אדמה סופגת. מרווח זה נועד להאט את זרימת המים ולא לצרכי חלחול.
3. איי תנועה יפותחו עם שברי חרס וגב אבן שפה גבוה מרום הפיתוח באי על מנת למנוע כל זרימה של מי נגר אל הכביש.
4. מדרכות יפותחו כך ששיפוע הצד במדרכה יפנה אל ערוגות העצים והגינות. לא תבוצע אבן מעבר בערוגות על מנת לאפשר למי נגר המדרכה זרימה ישירה וספיגה בתחום הגינות.

**נספחים :**

נספח א' : עקום עוצמה משך זמן חזרה לתחנת גשם ירושלים, עבור זמן חזרה 1:50 שנה.

